

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

А. А. ВОРОБЬЕВ, Е. К. ЗАВАДОВСКАЯ

Величина напряженности электрического поля, при которой происходит пробой диэлектрика в равномерном поле, является физической характеристикой диэлектрика и называется его электрической прочностью. Для теории и практики применения диэлектриков важно определять возможно точнее величину электрической прочности. Существенным затруднением при измерении электрической прочности представляется получение однородного диэлектрика и образования в нем равномерного электрического поля. Практически это приводит к тому, что величина электрической прочности одних и тех же диэлектриков, определенная разными авторами, получается разной.

Современная техника, переход к более высоким напряжениям, требует разработки новых диэлектриков с высокой электрической прочностью. Существенным является разработать методику измерения величины электрической прочности диэлектриков. Для уменьшения относительной роли внутренних неоднородностей в диэлектрике при испытаниях на электрическую прочность, его следует брать в тонком слое и с большой поверхностью. При испытании такого образца первым пробьется наиболее слабое место. После починки разрушенного места, например путем заливки его битумом, следующий пробой произойдет уже при более высоком напряжении. Таким путем, последовательно исключая все ослабленные места, при повторном использовании одних и тех же образцов можно будет определить величину пробивного напряжения диэлектрика. Идея такой методики имеется в опытах Красина. Вторым возможным путем уменьшения относительной роли неоднородности структуры диэлектрика явится уменьшение величины поверхности диэлектрика. Вероятность появления ослабленного участка диэлектрика при сокращении размера его поверхности должна уменьшаться. Это положение проявляется особенно сильно при точечном контакте электродов с поверхностью диэлектрика. Такая методика измерений разработана в исследованиях Хиппеля.

Получение однородного равномерного поля в объеме всего испытуемого диэлектрика представляет трудную задачу, удовлетворительного решения которой пока еще не найдено. Последнее положение подтверждается хотя бы тем, что предложено много способов решения этой задачи. Трудность состоит в том, что на краях пластин плоского конденсатора имеет место сгущение силовых линий электрического поля—перенапряжение. Это явление известно под названием краевого эффекта. При помещении пластины твердого диэлектрика в плоский испытательный конденсатор, в диэлектрике у краев пластин образуется повышенная напряженность поля. Пробой происходит у края электрода при повышенной напряженности, значительно превышающей среднюю расчетную напряженность электрического поля в диэлектрике. Предложены

различные методы выравнивания электрического поля при испытании на пробой твердых диэлектриков. Первая группа методов состоит в том, что путем выбора формы образца диэлектрика вблизи краев электродов увеличивают его толщину. Вторая группа способов состоит в том, что электрическое поле в диэлектрике регулируют путем подбора формы электродов. Форма поверхности электродов выбирается расчетным путем. Третья группа способов состоит в регулировании распределения поля в диэлектрике путем погружения всей системы в среду с значительной проводимостью. При наличии перенапряжения в каком-либо участке поля возникают токи проводимости, выравнивающие распределение потенциала. Таких же результатов можно достичь, если поверхность диэлектрика покрыть полупроводящим слоем. Четвертая группа способов состоит в принудительном регулировании потенциала по диэлектрику путем нанесения на его поверхность системы электродов, потенциал которых поддерживается определенным от постороннего источника. Такой способ регулирования является громоздким. Предложены и другие способы.

При поверхностном зарядении диэлектрика, например, электронами, как это имело место в опытах Зернова, Красина, Фаворина и других, в диэлектрике может образоваться однородное поле. Электродами в этом случае будет служить ионный или электронный поверхностный заряд на диэлектрике. Образец должен помещаться в вакууме. Последнее условие уже дает более чистые условия опыта, устраняя ряд вторичных явлений, например, уменьшая количество влаги в диэлектрике и, следовательно, снижая ее роль. Если в диэлектрике возникнет местное перенапряжение, то поверхностный заряд под влиянием продольной составляющей поля будет перемещаться до тех пор, пока вызвавшая это перемещение разность потенциалов не сделается равной нулю. Задача о распределении потенциала по поверхности диэлектрика исследовалась рядом авторов. Теория распределения потенциала по поверхности диэлектрика приводится в литературе. Для выравнивания распределения потенциала достаточно поверхностный заряд иметь только с одной стороны диэлектрика. Другой обкладкой конденсатора может служить хорошо нанесенный на поверхность диэлектрика металлический слой.

Как уже указывалось выше, электрический пробой при поверхностном зарядении наблюдался многими авторами и представляет известное явление в технике, заключающееся в пробое стеклянных баллонов электровакуумных приборов. Наиболее систематические опыты по безэлектродному пробое листового слюды провел Красин, результаты которых он объяснял иным образом, чем это делается в данной статье. Он провел сравнение пробивного напряжения слюды толщиной $10^{-3} - 10^{-4}$ см в случае подведения напряжения к образцу двумя металлическими электродами и одним металлическим электродом и электронным облаком. Им было установлено, что электрическая прочность, в случае подведения напряжения к образцу облаком электронов, выше, чем в случае двух приложенных металлических электродов. Это согласуется с развиваемыми в этой статье представлениями о выравнивании электрического поля в диэлектрике при наличии поверхностного зарядения. Гольдман получила значительное повышение электрической прочности слюды толщиной 0,1 мм и стекла толщиной 1 мм при нанесении на поверхность образцов полупроводящих лаковых покрытий. Она установила, что с увеличением толщины диэлектрика разница в пробивных напряжениях образцов, снабженных полупроводящими покрытиями и не снабженных ими, возрастает. В опытах Красина наблюдалась обратная картина. С увеличением толщины диэлектрика разница в пробивной прочности, определенной при двух металлических электродах и при одном металлическом электроде и поверхностном зарядении электронами, уменьшалась.

Соблюдение изложенных экспериментальных приемов, т. е. пробой при поверхностном зарядении диэлектрика, должно обеспечить однородное электрическое поле в диэлектрике.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев А. А. Техника высоких напряжений, ГЭИ, 1945.
2. Гольдман И. М. Ослабление краевого эффекта с помощью полупроводящих слоев, ЖТФ 1, в. 5, 402—408, 1931.
3. Иоффе А. Ф. и Вул Б. М. Краевой эффект при электрическом пробое, Эл-во 12, 650—651, 1931.
4. R. C. Buehl and A. Hippel. The Electrical Breacdown strength of jonic Crystals as a Function of Temperature, Phys. Rev. 56, 941—947, 1939.
5. Зернов Д. В. О влиянии сильных электрических полей на вторичную электронную эмиссию тонких диэлектрических пленок и перспектива практического применения этого эффекта, ЖТФ, XV, в. 7, 436—447, 1945.
6. Фаворин В. Н. Некоторые особенности вторичной электронной эмиссии с тонких пленок хлористого калия, ЖТФ, XX, в. 8, 916—923, 1950.

